

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : 2 633 717
Il n'est pas permis de reproduire
sans autorisation les commandes de reproduction

②1 N° d'enregistrement national : 88 08875

⑤1 Int Cl⁸ : G 01 L 13/00.

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 30 juin 1988.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 1 du 5 janvier 1990.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : UNIVERSITE PARIS VII — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Bernard Dufieu.

⑦3 Titulaire(s) :

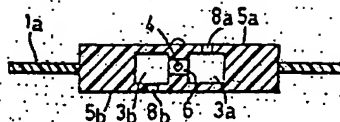
⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Rodhain.

⑤4 Capteur de pression différentiel et voile équipée d'un tel capteur.

⑤7 Le capteur 1 est destiné en particulier à mesurer la
différence de pression de part et d'autre d'une voile de navire
ou analogue.

Il comprend des moyens formant canal 3a, 3b pour créer
une fuite d'air entre les deux faces de la voile et des moyens
4 pour mesurer le débit de cette fuite qui comprennent un fil
métallique tendu en travers du canal, ce fil étant chauffé et
utilisé selon la technique dite d'anémométrie à fil chaud, la
perte de charge associée au débit de la fuite précitée est
déterminée pour ne perturber que de manière négligeable les
champs de pression de part et d'autre de la voile et la
géométrie du capteur 1 est choisie pour déterminer sa sensibi-
lité et pour procurer une protection contre les embruns.

Utilisation notamment pour optimiser la force motrice pro-
duite par une voile.



FR 2 633 717 - A1

"Capteur de pression différentiel et voile équipée d'un tel capteur".

5 La présente invention concerne un capteur de pression différentiel, destiné en particulier à mesurer la différence de pression de part et d'autre d'une voile de navire ou analogue.

L'invention vise également une voile équipée d'un tel capteur.

10 Un capteur du type précité monté sur une voile de navire peut en particulier être utilisé pour optimiser la force motrice produite par cette voile.

15 Un capteur de pression susceptible d'être installé sur une voile, doit en particulier être sensible à des différences de pression dans une gamme de 0,2 à 200 Pa, ne pas déborder du plan de la voile de plus de quelques millimètres pour ne pas perturber l'écoulement de l'air, être assez léger pour ne pas entraîner de déformation locale du plan de voilure, être insensible aux accélérations associées au mouvement du voilier et être opérationnel à quelques dizaines de mètres de 20 l'appareillage de commande et d'acquisition du capteur.

Aucun des dispositifs connus, suffisamment sensibles, qui sont généralement basés sur la mesure de la déformation d'une membrane, ne satisfait à l'ensemble 25 de ces conditions. Les dispositifs en question sont le plus souvent trop encombrants, trop lourds, et sensibles à l'accélération de la pesanteur et à l'accélération du navire qui supporte la voile dans des proportions qui sont à la mesure de leur sensibilité.

30 Les dispositifs connus qui intègrent un pont de résistances sont actuellement trop encombrants et trop peu sensibles.

35 Le but de l'invention est de proposer un capteur de pression différentiel qui possède les caractéristiques minimales énoncées au début du présent

préambule et qui ne présente pas les inconvénients des capteurs connus.

5 Ainsi, le capteur de pression différentiel conforme à l'invention est caractérisé en ce qu'il comprend des moyens formant canal pour créer une fuite d'air entre les deux faces de la voile et des moyens pour mesurer le débit de ladite fuite d'air, ces moyens de mesure de débit comprenant un fil métallique tendu en travers du canal, ce fil étant chauffé et utilisé selon la technique dite "d'anémométrie à fil chaud", en ce que
10 la perte de charge associée au débit de la fuite précitée est déterminée pour ne perturber que de manière négligeable les champs de pression de part et d'autre de la voile et en ce que la géométrie dudit canal est choisie pour déterminer la sensibilité du capteur et
15 procurer une protection de ce capteur contre les embruns.

Ainsi, selon l'invention, on crée une fuite d'air entre les deux faces de la voile et on mesure le débit correspondant. La perte de charge associée au débit de la fuite doit être assez forte pour ne perturber que de manière négligeable les champs de pression de part et
20 d'autre de la voile.

Selon une caractéristique préférentielle de l'invention, le capteur est fixé de manière étanche dans une découpe ménagée dans la voile.

25 Selon une première caractéristique avantageuse de l'invention, le capteur est conformé en cylindre dont l'axe est sensiblement perpendiculaire au plan de la voile en position d'utilisation du capteur, ce cylindre comprenant deux évidements sensiblement parallèles s'étendant sensiblement diamétralement à l'intérieur
30 dudit cylindre, chaque évidement ouvrant vers l'extérieur respectivement sur une face d'extrémité du cylindre tandis que des moyens de communication sont prévus entre les deux évidements, le fil métallique étant fixé à

l'intérieur desdits moyens de communication sensiblement parallèlement à l'axe desdits évidements.

5 Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, les évidements ouvrent sur les faces d'extrémité du capteur par l'intermédiaire d'une série d'orifices dont la section peut être déterminée pour modifier la perte de charge du capteur et par conséquent, ajuster la réponse de celui-ci. Par ailleurs, lesdits moyens de communication forment un goulot d'étranglement entre les deux évidements, les dimensions dudit goulot
10 d'étranglement étant déterminées de manière à obtenir la sensibilité et la perte de charge souhaitées pour le capteur.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le capteur étant utilisé à résistance constante, la
15 réponse de ce capteur est sensiblement de la forme :

$$E^2 = a + b (dp)^{0,45}$$

expression dans laquelle : a et b sont des coefficients qui dépendent de la géométrie du capteur, de sa résistance de consigne, des caractéristiques du fil et dans une certaine mesure, de la température de l'air
20 et de la pression absolue,

E est la différence de potentiel aux bornes du capteur et,

dp est la différence de pression de part et d'autre de la voile en regard du capteur.

25 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui va suivre.

Aux dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs :

30 - la figure 1 est une vue perspective d'un capteur conforme à l'invention,

- la figure 2 est une vue en coupe selon le plan II-II de la figure 1,

- la figure 3 est une vue de dessus du capteur de la figure 1,

- la figure 4 est une vue en plan d'une voile équipée de capteurs selon la figure 1 et,

- la figure 5 représente en coupe le mode de montage du capteur sur la voile.

Le capteur de pression différentiel 1 selon l'invention, qui est représenté aux figures 1 à 3, est en particulier destiné à mesurer la différence de pression de part et d'autre d'une voile 2 (voir figure 4) de navire ou analogue.

Le principe qui est à la base de la conception du capteur 1 selon l'invention est de créer, en un point désiré de la voile 2, une fuite d'air entre les deux faces de la voile 2 et de mesurer le débit correspondant. La perte de charge associée au débit de la fuite doit être assez forte pour ne perturber que de manière négligeable les champs de pression de part et d'autre de la voile 2.

Ainsi, le capteur conforme à l'invention comprend des moyens formant canal 3a, 3b qui seront détaillés plus loin, pour créer une fuite d'air entre les deux faces de la voile 2 et des moyens 4 pour mesurer le débit de ladite fuite d'air. Ces moyens de mesure de débit comprennent un fil métallique 4, par exemple en tungstène doré de 20 microns de diamètre, tendu en travers du canal 3a, 3b, ce fil 4 étant chauffé et utilisé selon la technique connue non spécifique à l'invention dite d'anémométrie à fil chaud.

Plus précisément, le capteur 1 selon l'invention, est conformé en cylindre de faible épaisseur, par exemple de 18 mm de diamètre et de 4 mm de hauteur, autour duquel est par exemple collée une bague 1a (voir figure 1) qui permet la fixation de manière étanche du capteur 1 dans une découpe 2a ménagée dans la voile 2 (voir figure 5). Ainsi, comme on le voit à la

figure 5, la partie cylindrique du capteur 1 est placée dans la découpe 2a tandis que la bague 1a est placée en appui sur la voile 2, l'étanchéité étant assurée par des moyens appropriés, par exemple au moyen de bandes 2b de matériau adhésif. Ainsi, en position d'utilisation du capteur 1, l'axe Z-Z' de celui-ci est perpendiculaire au plan de la voile 2. On notera que les dessins annexés ne sont pas réalisés à l'échelle car la bague 1a est de diamètre très nettement supérieur à celui de la partie cylindrique du capteur 1.

Comme on le voit aux figures 2 et 3, le capteur 1 comprend deux évidements parallélépipédiques 3a, 3b, sensiblement parallèles, s'étendant sensiblement diamétralement à l'intérieur du cylindre précité, chaque évidement 3a, 3b, ouvrant vers l'extérieur, respectivement sur une face d'extrémité 5a, 5b du cylindre 1, tandis que des moyens de communication 6 sont prévus entre les deux évidements 3a, 3b, suivant l'axe X-X'. Le fil métallique 4 est ainsi fixé à l'intérieur desdits moyens de communication 6 sensiblement parallèlement à l'axe des évidements 3a, 3b. Plus précisément, le fil 4 qui s'étend suivant un diamètre du cylindre 1, est tendu entre deux pastilles métalliques 7 par exemple en laiton. Le fil 4 est plus exactement soudé à chacune de ses extrémités auxdites pastilles 7 dont une partie affleure à l'une, par exemple 5a, des surfaces d'extrémité du cylindre 1.

Comme on le voit à la figure 2, les moyens de communication entre les évidements 3a et 3b forment un goulot d'étranglement 6, les côtes dudit goulot d'étranglement 6 étant déterminées de manière à obtenir la sensibilité et la perte de charge souhaitées pour le capteur 1. Typiquement, la hauteur et la largeur du goulot d'étranglement 6 sont de l'ordre du dixième de millimètre. La fuite est donc constituée de deux chambres séparées 3a, 3b par une fente 6 dont la hauteur et

l'épaisseur sont de l'ordre du dixième de millimètre. Ainsi, la géométrie du capteur 1 est choisie pour déterminer la sensibilité du capteur 1 tandis que les chambres précitées procurent une protection contre les embruns en retenant l'eau pénétrant dans le capteur 1 et évitant que celle-ci entre en contact avec le fil 4.

Plus spécifiquement encore, on voit aux figures 2 et 3 que les évidements 3a, 3b ouvrent sur les faces d'extrémité 5a, 5b du capteur 1 par l'intermédiaire d'une série d'orifices 8a dans la surface 5a et d'une série d'orifices 8b dans la surface 5b, les séries d'orifices 8a, 8b s'étendant de manière opposée et décalée par rapport à l'axe X-X' du capteur 1. Ces orifices 8a, 8b d'accès aux chambres 3a, 3b, de section sensiblement circulaire, peuvent éventuellement être ajustés en section pour modifier la perte de charge du capteur 1 et par conséquent, ajuster la réponse de ce capteur 1.

Comme on le voit à la figure 4, tous les capteurs 1 d'une même voile 2 sont reliés à un dispositif de commande (asservissement des capteurs 1) et d'acquisition 9 qui est de conception classique et non spécifique à l'invention, au moyen d'une connexion 10 à quatre fils 10a, 10b, 10c, 10d (voir figure 3), dont deux 10a, 10c sont destinés à l'alimentation en courant du capteur 1 et les deux autres 10b, 10d à la mesure de la différence de potentiel aux bornes du capteur 1, c'est-à-dire entre les pastilles métalliques 7. De manière avantageuse, chaque connexion 10 peut être réalisée sous la forme d'un cordon plat cousu ou collé sur la voile 2. Le dispositif 9 comprend par exemple, un microprocesseur adapté à traiter en temps réel les informations délivrées par les capteurs 1 de la voile 2.

Le capteur 1 décrit, est par exemple réalisé en deux parties sensiblement identiques collées l'une à l'autre.

Le capteur 1 qui vient d'être décrit peut être utilisé en maintenant constante la résistance du fil 4 ou le courant injecté dans le celui-ci. Dans le premier cas, on asservit la résistance à une valeur de consigne. La température moyenne du fil 4 est ainsi maintenue constante. Le courant injecté correspondant qui est une fonction directe du débit d'air, permet de déterminer la différence de pression de part et d'autre de la voile 2.

Dans le second cas où le courant est maintenu constant, la mesure de la résistance du fil 4 du capteur 1 permet de déduire la différence de pression.

Dans les deux cas, le capteur utilisé sur la voile 2 est alimenté à travers un fil de plusieurs dizaines de mètres dont la résistance n'est ni négligeable ni suffisamment bien définie. Cela explique pourquoi il est préférable d'utiliser un montage à quatre fils comme on l'a décrit plus haut, et d'employer pour le traitement du signal obtenu des amplificateurs différentiels de qualité suffisante.

Dans le cas de la mesure à résistance constante, on démontre et on vérifie que la réponse du capteur est sensiblement de la forme :

$$E^2 = a + b (dp)^{0,45}$$

expression dans laquelle,

- a et b sont des coefficients qui dépendent de la géométrie du capteur 1, de la résistance de consigne du fil 4, des caractéristiques du fil 4 et dans une certaine mesure de la température de l'air et de la pression absolue ;

- E représente la différence de potentiel aux bornes du capteur 1, et

- dp représente la différence de pression de part et d'autre de la voile 2 en regard du capteur 1.

Les qualités du capteur 1 décrit dont on notera qu'il est préférentiellement réalisé en ALTUGLASS (marque déposée) réside dans le fait qu'il est sensible à des

différences de pression dans la gamme de 0,2 à 200 Pa, qu'il ne déborde pas du plan de la voile de plus de quelques millimètres et ne perturbe pas l'écoulement de l'air au voisinage de la voile, qu'il est assez léger pour ne pas entraîner de déformations locales du plan de voilure, qu'il est insensible aux accélérations associées au mouvement du voilier et qu'il est opérationnel à quelques dizaines de mètres de l'appareillage de commande et d'acquisition 9.

Plusieurs capteurs 1 répartis en des points déterminés de la voile 2 d'un navire permettront d'obtenir une carte des différences de pression effectives régnant de part et d'autre de la voile 2. Connaissant la forme du plan de voilure, cela permet de remonter à la force motrice produite par la voile et par conséquent, de l'optimiser. Par ailleurs, indépendamment de la connaissance de la forme de la voile, le capteur 1 décrit constitue un instrument permettant de caractériser la qualité des réglages des voiles d'un navire. Une utilisation typique du capteur décrit sera de caractériser les meilleurs réglages correspondant à un ensemble de conditions définies (allure et posture du navire, état de la mer, etc) de manière à les reproduire en course dans les mêmes conditions. En outre, si l'on a accès à la forme des voiles, un tel capteur peut aider à leur amélioration par des études en conditions réelles tenant compte des mouvements et de l'attitude du navire, de l'interaction des voiles, du gradient de vent, etc.

D'autres utilisations du capteur 1 décrit sont possibles. En effet, des applications du même ordre que celles précitées sont envisageables pour les delta-voiles et les aéronefs appelés ULM (Ultra Léger Motorisé). On peut également envisager l'utilisation du capteur selon l'invention comme indicateur de sécurité sur une grue ou tout autre objet susceptible de souffrir d'un excès de vitesse du vent, une utilisation pour les études de

l'effet du vent sur les bâtiments ou la mesure de différences de pression très faibles dans un gaz. Le capteur 1 conforme à l'invention pouvant être de coût relativement réduit, il sera particulièrement bien adapté dans les cas où un seuil ou un niveau de différence de pression doit être mis en évidence, contrôlé ou asservi. On peut par exemple imaginer le cas où tout ou partie d'un bâtiment doit être maintenu en légère dépression ou surpression pour des raisons d'hygiène, de sécurité, ou de lutte contre la présence des poussières.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et réalisés. Par exemple, le capteur pourrait être réalisé dans un matériau différent de l'ALTUGLASS. Le mode de fixation sur la voile 2 du capteur 1 pourrait être également différent et adapté au type de voile à équiper (voilier de course, planche à voile, etc).

REVENDICATIONS

1) Capteur de pression différentiel, destiné en particulier à mesurer la différence de pression de part et d'autre d'une voile (2) de navire ou analogue, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens formant canal (3a, 3b, 6) pour créer une fuite d'air entre les deux faces de la voile et des moyens (4) pour mesurer le débit de ladite fuite d'air, ces moyens de mesure de débit comprenant un fil métallique (4) tendu en travers du canal, ce fil (4) étant chauffé et utilisé selon la technique dite "d'anémométrie à fil chaud", en ce que la perte de charge associée au débit de la fuite est déterminée pour ne perturber que de manière négligeable les champs de pression de part et d'autre de la voile (2), et en ce que la géométrie dudit canal est choisie pour déterminer la sensibilité du capteur (1) et procurer une protection contre les embruns.

2) Capteur conforme à la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est fixé de manière étanche dans une découpe (2a) ménagée dans la voile (2).

3) Capteur conforme à l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est conformé en cylindre dont l'axe est sensiblement perpendiculaire au plan de la voile (2) en position d'utilisation du capteur (1), ce cylindre comprenant deux évidements (3a, 3b) sensiblement parallèles s'étendant sensiblement diamétralement à l'intérieur dudit cylindre (1), chaque évidement (3a, 3b) ouvrant vers l'extérieur, respectivement sur une face d'extrémité (5a, 5b) du cylindre tandis que des moyens de communication (6) sont prévus entre les deux évidements (3a, 3b), le fil métallique (4) étant fixé à l'intérieur desdits moyens de communication (6) sensiblement parallèlement à l'axe desdits évidements (3a, 3b).

4) Capteur conforme à la revendication 3, caractérisé en ce que le fil métallique (4) s'étend suivant un diamètre (X-X') dudit cylindre (1).

5) Capteur conforme à la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que les évidements (3a, 3b) ouvrent sur les faces d'extrémité (5a, 5b) du capteur (1) par l'intermédiaire d'une série d'orifices (8a, 8b) dont la section peut être déterminée pour modifier la perte de charge dans le capteur (1) et par conséquent ajuster la réponse de celui-ci.

6) Capteur conforme à l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que lesdits moyens de communication forment un goulot d'étranglement (6) entre les deux évidements (3a, 3b), les dimensions dudit goulot d'étranglement (6) étant déterminées de manière à obtenir la sensibilité et la perte de charge souhaitées pour le capteur (1).

7) Capteur conforme à l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le fil (4) est réalisé en tungstène doré et présente un diamètre d'environ 20 microns.

8) Capteur conforme à l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le fil (4) est tendu et soudé entre deux pastilles (7) en laiton.

9) Capteur conforme à l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est réalisé en Altuglass.

10) Capteur conforme à l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est connecté au moyen de quatre fils (10a à 10d) à des moyens de mesure et d'asservissement (9), deux (10a, 10c) de ces fils étant destinés à l'alimentation du capteur (1) tandis que les deux autres (10b, 10d) sont destinés à la mesure de la tension aux bornes du capteur (1).

11) Capteur conforme à l'une des revendications précédentes, ce capteur étant utilisé à résistance

constante, caractérisé en ce que la réponse du capteur (1) est sensiblement de la forme :

$$E^2 = a + b (dp)^{0,45}$$

expression dans laquelle :

5 . a et b sont des coefficients qui dépendent de la géométrie du capteur (1), de sa résistance de consigne, des caractéristiques du fil (4) et dans une certaine mesure de la température de l'air et de la pression absolue.

10 . E est la différence de potentiel aux bornes du capteur (1), et

. dp est la différence de pression de part et d'autre de la voile (2) en regard du capteur (1).

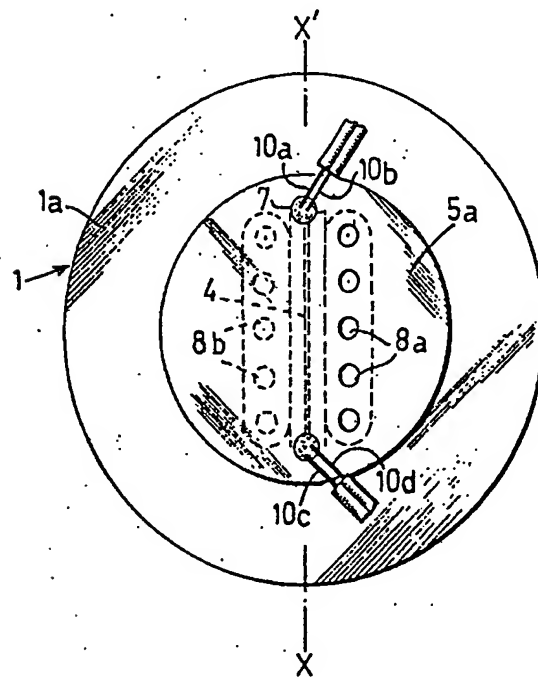
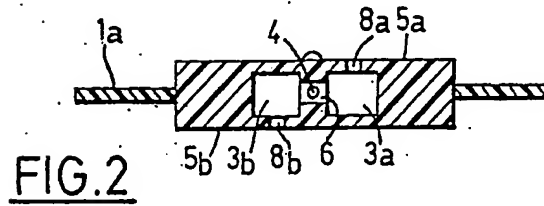
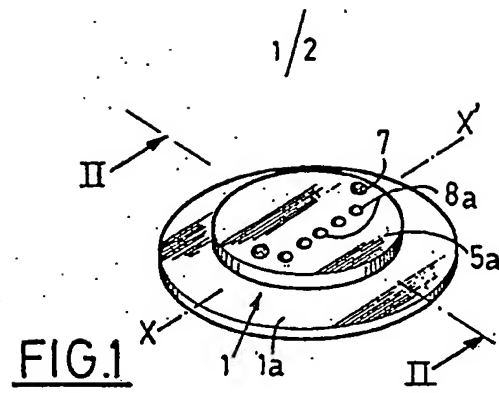
12) Voile, caractérisée en ce qu'elle supporte un ou plusieurs capteurs (1) conformes à l'une des revendications précédentes.

20

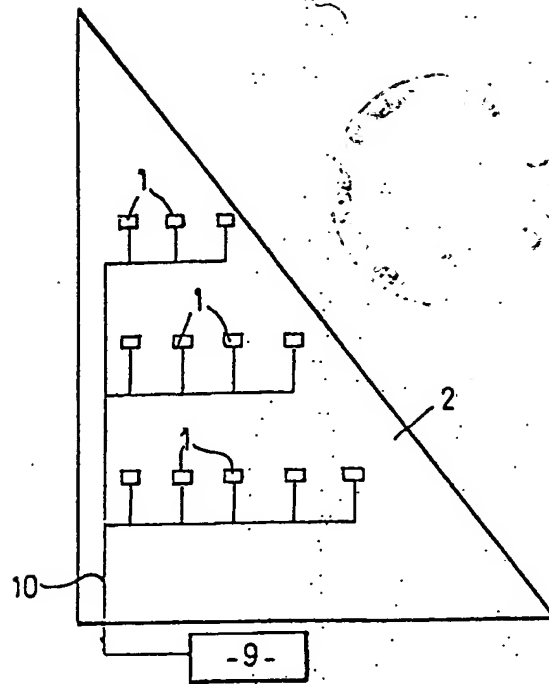
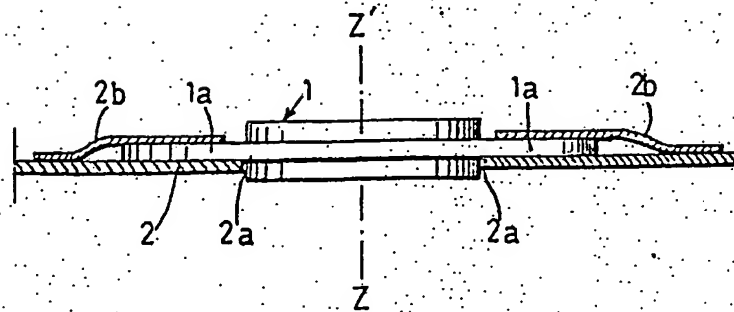
25

30

35



2/2

FIG. 4FIG. 5